



VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Produktivní příprava NC programů ve firmě Siemens, s.r.o.**

**Productive preparation NC Programs at Siemens, s.r.o.**

Student:

Šimon Vlk

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Šimon Vlk**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Produktivní příprava NC programů ve firmě Siemens, s.r.o.  
Productive Preparation NC Programs at Siemens, s.r.o.

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Obecná charakteristika problému.
3. Specifikace požadavků.
4. Návrh nového řešení.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2010. 138 s. ISBN 978-80-248-2278-4.
- [2] VLACH, B. *Technologie obrábění na číslicově řízených strojích*. Praha : SNTL Praha, 1982. 395 s.
- [3] MOLNÁR, Z., & kol. *Počítačem integrovaná výroba - CIM*. Praha : České vysoké učení technické v Brně, 1995. 180 s. ISBN 80-01-01281-6.
- [4] VASKÝ, J.; NEMLAHA, E.; MASÁR, L. *CAD/CAM Systémy*. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo STU, 2003. 255 s. ISBN 80-227-1882-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: Milan Knobloch

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty



#### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2012

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2012



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Šimon Vlk

Adresa trvalého pobytu autora práce: Adolfa Kašpara 8, Mohelnice 789 85



## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VLK, Š. *Produktivní příprava NC programů ve firmě Siemens, s.r.o.: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2012, 43 s. Vedoucí práce: Kratochvíl, J.

Bakalářská práce se zabývá zpracováním návrhu na zefektivnění produktivní přípravy NC programů pro CNC obráběcí stroje. Stávající ruční programování NC programů je zdlouhavé a neefektivní a proto je navrženo zavést CAM systém, který by mohl ulehčit práci technologům při přípravě NC programů. V navrhované části je popsáno představení CAD/CAM systémů a jejich začlenění do výrobního procesu, začlenění do počítačem podporované výroby CIM, dále jejich dělení, možnosti využití. Následně je krátce představen PLM proces pro monitorování životního cyklu výrobku.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

VLK, Š. *Productive preparation NC Programs at Siemens, s.r.o.: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2012, 43 p. Thesis head: Kratochvíl, J.

This bachelor thesis is focused on processing of suggestion for more effective productive preparation of NC programs for CNC machines. Current hand programming of NC programs is slow and ineffective therefore it is suggested to establish CAM system which could make easier a work for preparation NC programs by engineer. In part for suggestion is described presentation CAD/CAM systems and their integration into production process, integration into Computer Integrated Manufacturing CIM, next their sorting and their using. In next chapter is presented PLM process for monitoring life cycle of product.



## Obsah

Seznam použitých značek a symbolů .....	7
Úvod.....	8
1. Obecná charakteristika problému .....	10
1.1. Popis a historie firmy .....	10
1.2. Cíl práce .....	12
1.3. Způsoby programování CNC strojů .....	12
1.4. Obecný popis CAD/CAM systému .....	13
1.5. Historie CAD/CAM systému .....	14
2. Specifikace požadavků .....	16
2.1. Stávající příprava NC programů .....	17
2.2. Stávající strojní výrobní zařízení .....	17
3. Návrh nového řešení.....	19
3.1. Zavedení CAM systému.....	19
3.1.1. Proces CIM .....	19
3.1.2. CAD/CAM systémy.....	24
3.1.3. Dělení CAD/CAM systémů .....	28
3.1.4. Postup návrhu a výroby součástí v CAD/CAM systémech .....	31
3.1.5. Postprocesor.....	32
3.1.6. Kvalifikace a zaškolení, optimalizace .....	33
3.1.7. Příklady CAM software .....	34
3.2. Zavedení PLM procesu .....	38
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.....	40
5. Závěr.....	41
Použitá literatura .....	42

## Seznam použitých značek a symbolů

Zkratka	Význam
BDE	získávání provozních dat
CAA	počítačová podpora montáže
CAD	počítačem podporovaný návrh
CAE	počítačem podporované inženýrské práce
CAM	počítačem podporovaná výroba
CAP	počítačem podporované plánování
CAQ	počítačová podpora řízení kvality
CIM	výroba integrovaná počítačem
CMM	programování kontroly souřadnicovým měřicím nástrojem
CRM	řízení vztahu se zákazníky
ERP	plánování podnikových zdrojů
PDM	řízení dat o výrobcích
PLM	správa životního cyklu výrobku
PPS	plánování produkce a řízení plánování
QM	řízení jakosti

## Úvod

V dnešní době zaujímá výpočetní technika v konstrukčním procesu a řízení CNC technologií velmi významné místo. S obrovským nárůstem a rozmachem CNC technologií ve výrobní sféře a požadavky kladenými na rychlost, kvalitu a efektivnost vývoje, konstrukce, projektování a technologickou přípravu výroby produktu. CNC technologie je schopna mnohem rychleji reagovat v reálním čase na nestabilitu procesu než lidský faktor.

Ve všech sférách lidského počínání jsou kladeny požadavky především na rychlost linearitu a schopnost komunikace. Ve výrobních odvětvích tomu není jinak a je zde kladen zejména důraz na provázanost všech výrobních procesů, jednotlivých oddělení zabezpečující chod podniku jakožto i komunikaci mezi jinými podniky, zákazníkem, dodavatelem a ostatními subjekty.

Vyhovět všem požadavkům zákazníka s ohledem na kvalitu výroku, krátkou dodací lhůtu a konkurenceschopnou cenu a následně obstát v tvrdé konkurenci na trhu je velmi obtížné. Neustálý tlak ze strany managementu, konkurence a zákazníka nutí konstruktéry, technology a projektové inženýry obohacovat svůj obor a své zkušenosti o nové postupy a pracovat na nových řešeních pro optimalizaci a produktivitu vlastní výroby. Proto využití výpočetní techniky a lidského myšlení a uvažování musí být co nejefektivnější.

Ruční programování CNC strojů je složitější, časově náročné a má velkou pravděpodobnost výskytu chyb způsobené lidským faktorem. Dále výpočty drah nástrojů bez možnosti vizualizace jsou v mnoha případech složitějších součástí velmi zdržující a bývají zdrojem častých chyb.

Jedním z řešení složitých situací, které se velmi často v praxi objevují, je použití integrované výroby počítačem (CIM – Computer Integrated Manufacturing) nebo správy životního cyklu výrobku PLM (Product Lifecycle Management) a s ním související CAD/CAM systémy. Moderní CAD/CAM systémy umožňují podstatně rychlejší a výrazně jednodušší přípravu NC programů.

Výroba pomocí CNC obrábění a s tím spojená realizace v CAD/CAM systémech je v dnes nepostradatelnou součástí výroby v celém strojírenském odvětví. Práce s každým CAD/CAM systémem a sebou nese velké nároky na výpočetní techniku, na pracovníky, tak i v neposlední řadě na stroje.

CAD/CAM systémy umožňují systémový přístup a obsahují komplexní integrované řešení procesu a to vylepšuje provázanost napříč procesy konstrukční, testovací a technologické činnosti a umožňuje korigování chyb a modifikaci výroby.



CAD/CAM systémy jsou užitečným pomocníkem, a to zejména proto, že dokáže zkrátit přípravné (nevýrobní) časy, ale i některé další výrobní časy. To má dopad na zefektivnění celého výrobního procesu. V případě výroby nějaké tvarově složitější součástky není téměř možno si představit realizaci a tvorbu NC program jinak než pomocí CAD/CAM systému.

Mnoho lidí si nedokáže představit práci na složitějších součástech bez využití CAD/CAM systému. Proto smysl a potenciál využití těchto technologií je ve všech odvětvích výrobních činností a to zejména ve strojírenství, které se stalo zakladatelem těchto procesů.

Moderní počítače umožňují využití CAD/CAM systémů při navrhování součástí a další analýzy součástí a polotovarů jako jsou pevnostní a deformační zkoušky přímo na počítači.

Opravdu je vidět, že člověk potřebuje před realizací řemeslného nebo stavebního díla získat určitou představu o výsledném projektu svého snažení. A proto každý výsledek vychází od určité konkrétní představy o následném projektu.

Pokud tuto představu jsme schopni zhmotnit, ať už fyzickým modelem nebo modelem virtuálním, je další realizace vždy snadnější

*Duše nikdy nemyslí bez představy*

*Aristoteles*

## 1. Obecná charakteristika problému

### 1.1. Popis a historie firmy

Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice je jedním z předních světových dodavatelů nízkonapěťových asynchronních elektromotorů. Hlavními zákazníky jsou výrobci čerpadel, kompresorů a klimatizačních zařízení. V ČR působí jako odštěpný závod společnosti Siemens, s.r.o. se sídlem v Praze. [1].

V České republice působí Siemens Elektromotory s.r.o. od roku 1994. Dva hlavní závody se nacházejí ve Frenštátě pod Radhoštěm a v Mohelnici. [1]

Odštěpný závod Elektromotory Mohelnice produkuje nízkonapěťové asynchronní elektromotory (viz obr. 1.1):

- Trojfázové s výkonem od 60W do 30kW,
- jednofázové s výkonem od 120W do 3kW [1].



Obr. 1.1 Náhled produktů závodu Siemens elektromotory Mohelnice: [1].

#### Historie odštěpného závodu Elektromotory Mohelnice

- |      |  |
|------|--|
| 1904 | Dne 30.9. byla založena společnost Ludwig Doczekal & Comp. – byl to podnik, který se zabýval výrobou elektrických zařízení a sídlil v Mohelnici            |
| 1906 | Byly postaveny první objekty   |
| 1924 | Byla uzavřena smlouva o vzájemné spolupráci se společností Siemens.  |
| 1939 | Závod byl začleněn do koncernu Siemens – Schuckertwerke AG, která se následně zabývala modernizací a specializací na výrobu elektromotorů                  |
| 1945 | Výnosem ministerstva bylo postavení závodu vzato pod národní správu Siemens – Schuckertových závodů, které sídlilo v Praze. V tuto dobu vznikla značka MEZ |

- 1950 Závod byl osamostatněn jako na n.p. MEZ Mohelnice se sídlem v Mohelnici
- 1980 Byla zahájena výstavba v rámci projektu Výstavby a rekonstrukce MEZ Mohelnice – integrace RVHP v asynchronních elektromotorech
- 1990 Dne 1.7. vznikl samostatný státní podnik MEZ Mohelnice. Slavnostní otevření nového provozu slévárny
- 1994 Dne 1.6. byla schválena vládou ČR privatizace aktivit s.p. MEZ Mohelnice a s.p. MEZ Frenštát, toto bylo provedeno formou přímého prodeje veškerého majetku firmě Siemens
- 2002 Bylo otevřeno logistické centrum firmy GEIS v Mohelnici. Dne 13.8. byl udělen certifikát systému managementu jakosti dle normy EN ISO 9001:2000.
- 2006 Dne 11.8. byl udělen certifikátu systému environmentálního managementu dle normy EN ISO 14001:2005 [1].

Siemens Elektromotory s.r.o. je největší elektrotechnická firma v České republice. Kromě obchodních úspěchů, charitativních akcí, kulturních, sportovních nebo mnoha dalších veřejně prospěšných aktivit dodává špičkové technologie pro celou Českou republiku.

- Je druhá největší elektrotechnická společnost na světě
- Působí ve více než 190 zemích
- Zaměstnává 475 000 pracovníků po celém světě
- Z toho celých 17 000 v České republice, kde působí od roku 1890
- Je druhý největší vývozce České republiky
- Vyrábí vlaky a vozy metra pro celý svět
- Navrhuje a dodává výrobní linky pro mezinárodní i české zákazníky, jako například Škoda Auto nebo Plzeňský Prazdroj
- Dodává technologie a zařízení pro léčbu pacientů v nemocnicích v celé České republice
- Zaměstnává 50 000 pracovníků ve výzkumu a vývoji, kteří každý pracovní den přicházejí se třiceti vynálezy
- Vyvíjí, vyrábí a dodává high-tech součástky do automobilů světových značek

## 1.2. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je navrhnout efektivnější způsob přípravy a tvorby NC programů. Bude provedeno přestavení a dělení CAD/CAM systému a jeho zařazení v organizační struktuře v podniku, využití CAD/CAM systému v obrábění a výhody pro jeho zavedení. Dále bude tato práce sloužit pro lepší zaučení a orientaci v CAD/CAM systémech pro nové pracovníky.

S tím souvisí i sekundární cíle, jako je zvýšit rychlost odladění a zavedení programu do stroje a snížit počet kusů, které jsou zničeny při najetí nového programu. Dále pomocí vizualizace obrábění ve 3D modelech a simulace drah nástrojů v CAD/CAM systému snížit technologické přídatky a přídatky na obrábění.

To znamená posoudit stávající stav a zvážit všechny aspekty a možnosti jakým způsobem je možno zlepšit a zefektivnit tento stav.

## 1.3. Způsoby programování CNC strojů

Programování CNC strojů lze rozdělit na 3 způsoby.

### ➤ ruční programování:

Jedná se o způsob programování, kdy technolog napíše celý NC program (většinou psaní pomocí ISO kódu) podle 2D výrobního výkresu na externím počítači odděleného od obráběcího stroje. Je to velmi zdlouhavé a hrozí reálná možnost velké pravděpodobnosti výskytu možných chyb zapříčiněná lidským faktorem.

### ➤ dílenské programování:

Dílenské programování je prováděno přímo na obráběcím stroji a program vytvářen přímo v řídicím systému. Je vhodné pro programování méně složitých součástí. Výhodou je přímá úprava a odladění programu na základě zadaných informací. Program může upravovat a vytvářet i obsluha stroje. V podstatě se nejedná přímo o NC kód, ale o pracovní technologické postupy, kde jsou jednotlivé operace [2] [10].

### ➤ Programování v CAD/CAM systémech:

Jedná se o programování za podpory CAM software, které dokáže součást plně vizualizovat ve 3D modelech a vytvořit rychle a konformně požadovaný NC program.

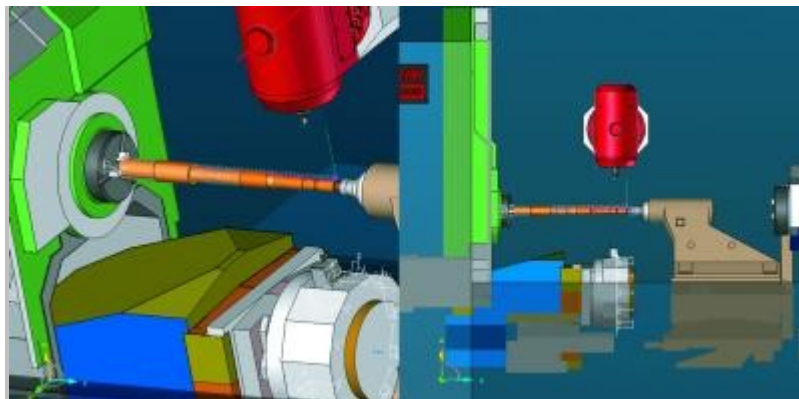
#### 1.4. Obecný popis CAD/CAM systému

Neustálý tlak konkurenčního prostředí nutí podniky a tím i pracovníky na odděleních konstrukce a technologie pracovat na řešeních, potýkat se s problémy jak zlepšit produktivitu, efektivnost, přesnost obrábění zlepšení kvality a také zkrácení výrobních časů. Pro mnohé firmy jsou toto rozhodující faktory o existenci a působení na trhu. Proto se firmy snaží zavést do svého výrobního portfolia počítačem řízené obráběcí stroje. Přínosem a výhodou takovýchto strojů je minimální zmetkovitost a zároveň vyšší produktivita práce. Zavedení těchto počítačem řízených obráběcích strojů (CNC) do výrobního procesu znamená zvýšení operativnosti výroby a tím i zkrácení doby potřebné na seřízení stroje [2] [9].

V dnešní době si mnoho podniků nedokáže představit výrobu, ve které by nefigurovalo efektivní obrábění na CNC strojích. CNC stroje nám pomáhají práci si ulehčit a zrychlit přípravu NC programů. Jedná se především o zkrácení časů pro přípravu NC programů a poté následné seřízení, korekci a odladění výroby. Všechny tyto vedlejší časy, které jsou spojené s přípravou vlastní výroby, velmi často zabírají mnoho času CNC stroje. [7].

Dříve se CNC stroje programovali přímo na stroji a dnes se mohou programy vytvářet v kancelářích zcela mimo umístění stroje a ke stroji jsou dopravovány na paměťových médiích nebo přes počítačové sítě anebo přes datová uložiska. Proto jsou data často skladována fyzicky odděleně od stroje. Stále více je snaha zkrátit čas od doby vývoje návrhu výrobku až k samotné realizaci hotového výrobku.

Možnost jak řešit tyto složité situace, je pomocí využití integrované výroby řízené počítačem (**CIM – Computer Integrated Manufacturing**), které obsahují CAD/CAM systémy. Pokud portfolio výroby obsahuje nějaké CNC stroje, je důležité mít kvalifikovanou obsluhu těchto strojů a kvalitní technology, kteří jsou schopni připravit kvalitní programy. Při projektování je očekáváno plné nasazení CAD programů, které umožňují pomoc při realizaci projektů. V případné další výrobě výrobků na CNC strojích je vhodné využít plně integrované rozšíření systému o CAM modul. Vznikne nám podpora výroby pomocí CAD/CAM systému, která usnadňuje konstruování při vývoji a výrobě produktů. Potom je realizace výrobku považováno jako komplexní proces od návrhu a konstruování přes vizualizaci, testování a korekci chyb. CAD/CAM systém je možno využít i při automatickém měření obrobků na CNC měřicích strojích (viz obr. 1.2) [2] [6].



Obr. 1.2 - Možnosti podpory testování při soustružení [6]

### 1.5. Historie CAD/CAM systému

Jak doba pokračovala, postupem času dostávali způsoby vizualizace o projektech a produktech jasné tvary. Historie CAD/CAM systémů je poměrně mladá a to přibližně od poloviny 20. století – vznikl geometrický jazyk ATP. Tento vývoj šel ruku v ruce s vývojem počítačové techniky a především počítačové grafiky. Technické výpočty se dříve řešily pouze na papíře pomocí logaritmického pravítka a následná kontrola, zda jsou výpočty správné, zabírala příliš mnoho času [9].

Začátky se datují od roku 1950, kdy bylo vynalezeno světelné pero (viz obr. 1.3). V roce 1963 byly vykresleny a manipulovány grafické objekty na displeji, toto lze považovat za prvopočátek počítačové grafiky, která se využila jako CAM podpora pro řízení obráběcích strojů. Software pro kreslení se omezoval na jednoduché dvou rozměrné úlohy a cena byla v rozmezí od USD 100 000 do USD 600 000. Grafika byla dlouhou dobu vektorová [7] [2].



Obr. 1.3 - Použití světelného pera [9]



Zlomové datum je v roce 1978, kdy končí vektorová grafika a nastupuje rastrová grafika (viz obr. 1.4). Na obrázku 1.4 je CAD počítačová stanice IBM 6090, monitor má už dobré rozlišení 1024x1280 a to s 24bitovou hloubkou barev [9].



Obr. 1.4 - Použití rastrové grafiky [9]

V sedmdesátých letech se ke CAD systémům připojuje CAM systém (Computer Aided Manufacturing). V té době byl definován jako využití počítačové techniky pro přípravu a řízení jednotlivých operací ve výrobním procesu. V roce 1961 zavádí firma Boeing do výrobního procesu první NC stroj [9].

Jak bylo poznat tak pro vývoj CAx (počítačem podporovaných aplikací), byl limitujícím především postup vývoje hardware, hlavně grafické grafiky. První CAD/CAM aplikace pro přípravu NC programů jsou k dispozici v roce 1982, např. GibbsCAM - první software s opravdovým uživatelským grafickým rozhraním [7].

V dnešní době jsou CAM aplikace používány formou počítačových systémů pro přípravu a při řízení jednotlivých operací ve výrobním procesu. Nejdříve byly používány děrné pásy nebo děrné štítky. Po zavedení CNC strojů zaznamenaly CAM systémy velký rozvoj a jsou nenahraditelným pomocníkem při generování NC kódu [2].

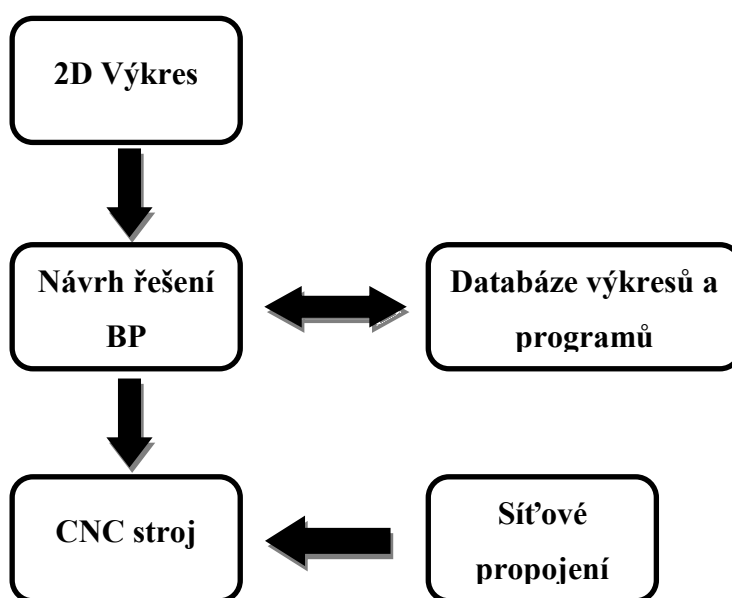
## 2. Specifikace požadavků

Požadavky na modernizaci produktivní přípravy NC programů jsou:

- zrychlení přípravy NC programů,
- zrychlení najetí výroby obrobku,
- snížení technologických přídavků,
- snížení přídavků na obrábění,
- snížení zmetkovitosti při oživení a odladění programu,
- zefektivnění distribuce NC programu do stroje.

Cílem je navrhnout proces nebo systém, který bude moci ulehčit a urychlit práci technologům, tedy těm, co NC programy vytváří a uvádějí jej do chodu na CNC stroji (viz obr. 2.1).

Prioritou bude stanovení tohoto systému pro největší objem výroby na obrobně rotorů a to pro soustružení hřídelí.



Obr 2.1 Vizualizace požadavku

Jelikož modelové řady hřídelí jsou si velice podobné, proto mnohdy není třeba velkých úprav programů a stávající program se může zmodifikovat a přepsat na nový. Avšak při stávajícím stavu programování NC kódu, kdy je program vytvářen ručně, je



třeba hledat v programu ve sledu příkazů a dotyčné příkazy zaměnit nebo přepsat. V CAM systémech, lze toto vyřešit změnou geometrie ve stromu příkazů.

V některých případech také existuje pro jednu hřídel více programů. Důvodem je rozmanitost používaných CNC strojů a řídicích systémů těchto strojů. Proto je třeba tento program ručně přepsat do jiného ISO kódu příslušného řídicího systému CNC stroje. V CAM systémech je toto možné řešit pomocí jednoho kliknutí a to změnou postprocesoru.

## **2.1. Stávající příprava NC programů**

V současné době jsou programy vytvářeny na základě 2D výkresů, které jsou načítány z databáze pomocí programu SD view. Programy jsou vytvářeny a editovány ručně v textovém dokumentu. (MS Word, notepad, poznámkový blok), do kterého jsou vepisovány příkazy a funkce k danému obrábění.

Samotná tvorba NC programu může být zdoluhavá a mnohdy nepřehledná pokud člověk nemá představu o skutečném tvaru součásti nebo popřípadě jejím 3D modelu. Bez simulací drah nástrojů je představa o následném skutečném obrobku velmi intuitivní.

S tím souvisí i najetí výroby příslušného obrobku. Pokud je do stroje zaváděn nový NC program, je třeba jej odladit a provést kalibrace a korekce. Toto je prováděno přímo na stroji, což je velmi zdoluhavé.

Hrozí také možnost najetí nástroje či držáku nástroje do obrobku. Pomocí CAD/CAM aplikací lze simulovat dráhy nástrojů a jasně vidět případné kolize nástroje nebo držáku nástroje s obrobkem.

## **2.2. Stávající strojní výrobní zařízení**

Obrobna je rozdělena do pěti lodí, přičemž každá z lodí je prioritně určena pro jinou osovou výšku motoru, nebo-li pro jiný typ motoru z hlediska velikosti motoru. V každé lodi se nachází jak několik CNC strojů, tak i jiných strojů a zařízení jako jsou brusky, vyvažovačky, lisy atd. Tato bakalářská práce je převážně zaměřena na CNC soustruhy a frézky.

**Soustruhy:**

SP 12 CNC	Počet kusů	20
	Výrobce	CZ.TECH Čelákovice, a.s.
	Suporty / polohy	1/ 8
	Řídicí systém	Sinumerik 810D
	Konektivita	Přes PC
SPT 16 NC	Počet kusů	4
	Výrobce	Kovosvit Sezimovo Ústí
	Suporty / polohy	2/ 5(dolní) 1(horní)
	Řídicí systém	Sinumerik 810T
	Konektivita	Přes PC
SP 30 CNC L	Počet kusů	3
	Výrobce	CZ.TECH Čelákovice, a.s.
	Suporty / polohy	1/ 12
	Řídicí systém	Sinumerik 840 Power
	Konektivita	Přes PC nebo přes flash disk
SPU 20 CNC	Počet kusů	1
	Výrobce	Kovosvit Sezimovo Ústí
	Suporty / polohy	1/ 8
	Řídicí systém	Sinumerik 810T
	Konektivita	Přes PC

**Frézky:**

CNCNF1 16/14	Počet kusů	5
	Výrobce	Busch
	Řídicí systém	Sinumerik 810, Sinumerik 840
	Konektivita	Přes PC
E 900 CNC	Počet kusů	3
	Výrobce	CZ.TECH Čelákovice, a.s.
	Řídicí systém	Sinumerik 840 Power
	Konektivita	Přes PC

### 3. Návrh nového řešení

Návrh řešení pro efektivnější tvorbu NC programů je zavedením CAD/CAM systému, který dokáže součást pro obrábění vymodelovat nebo importovat 3D model součásti. CAD/CAM systém dokáže stanovit optimální dráhy nástrojů pro snížení vedlejších časů, ale i časů pro obrábění.

CAD/CAM systémy jsou ve většině případů součástí větších systémů zahrnujících další počítačem podporované systémy pro řízení výroby a chodu podniku. Tyto systémy jsou např. CIM (počítačem podporovaná výroba) nebo dnes již více rozšířený PLM (správa životního cyklu výrobku).

#### 3.1. Zavedení CAM systému

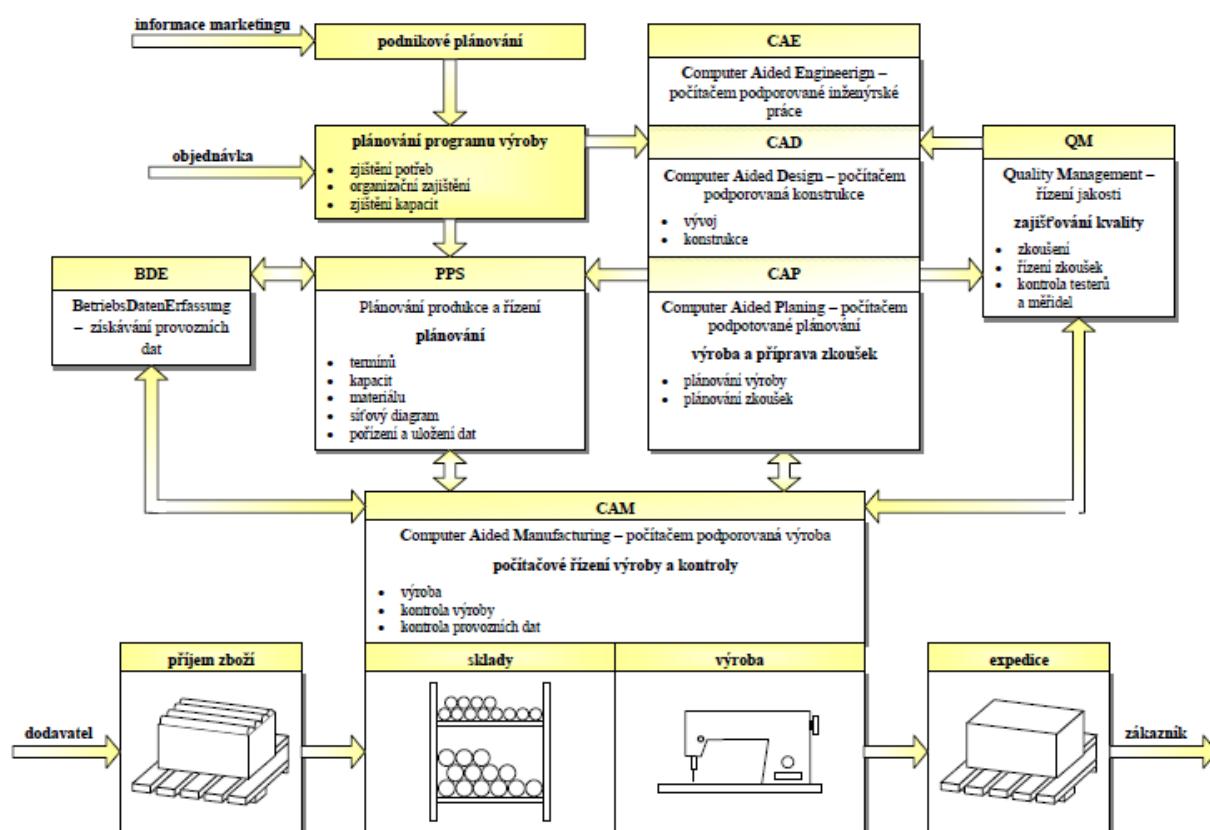
Ve většině vývojových pracovišť je využíváno komplexních CAD/CAM systémů pro práci vývojářů, konstruktérů a technologů. Dynamické změny ve výrobních procesech kladou větší nároky na kooperaci a koordinaci prací všech zainteresovaných útvarů technické přípravy výroby s výrobou. Pro stabilní fungování podniku je dobré mít vytvořen dobrý datový a komunikační tok dat i s ostatními útvary v podniku (plánování a řízení výroby, nákup, prodej, logistika atd.). Tyto systémy jsou využívány pro vytvoření složitějších 3D modelů výrobků ať už jejich jednotlivých součástí nebo až po složité montážní celky. Pomocí těchto virtuálních 3D modelek je možno sledovat dráhy nástrojů, obrobitelnost, funkčnost a další dynamické, pevnostní a tepelné vlastnosti včetně namáhání a napětí v součástech. Pomocí CAD/CAM systému jsou odhaleny případné nedostatky v konstrukčním návrhu a v technologii zpracování před tím, než je vyroben prototyp. Je nesporné, že efektivní využívání komplexních CAD/CAM systémů umožňuje zkrácení technické přípravy výroby [2] [11]

##### 3.1.1. Proces CIM

CAD/CAM mohou být součástí CIM a je pravdou, že tento proces je považována za vědní disciplínu, neboť jeho perfektní zvládnutí je rozhodující a základní úlohou v nasazení špičkových technických a technologických řešení. Pro dobře stanovený CIM proces je propojení všech útvarů a výrobních či nevýrobních činností nezbytné (viz obr. 3.1). CIM je souhrn metod a prostředků, které pomáhají v reálném čase spojit a vzájemně využít soubory s daty, které jsou získané v jednotlivých fázích výrobních i nevýrobních úseků (viz obr. 3.2). Dobře zvolený a nastavený proces CIM ve strojírenském podniku by

měl přispět k efektivnějšímu splnění nároků, které jsou kladeny na moderní strojírenskou výrobu. S termínem CIM se bylo možné setkat v roce 1973, kdy jej poprvé použil J. Harrington v jeho knize "Computer Integrated Manufacturing" [11].

Při zavádění CIM hrají důležitou roli kvalitativní požadavky, a to nejen na použitý software, ale i na celkový stav výpočetní techniky v podniku. Dále se klade důraz na kvalifikaci pracovníků, a jakým způsobem je podnik organizován a řízen. I přes překonání prvotních nesnází, je zavádění CIM procesu v celku obtížné, ale je nutné uvažovat do budoucnosti, kdy se překonání prvotních nesnází jednoznačně vyplatí [11].

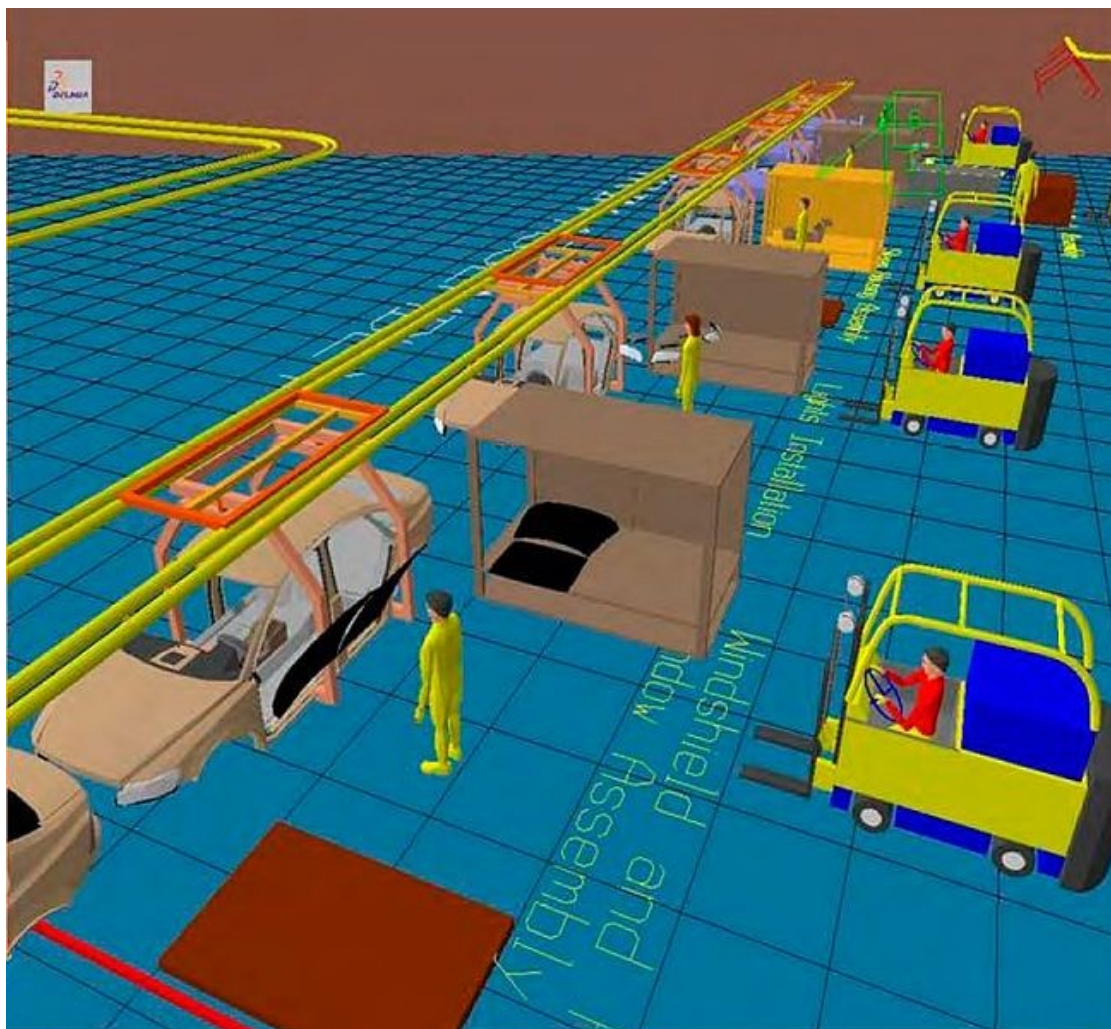


Obr. 3.1 – Informační toky v CIM [12].

**Cílem zavádění výroby integrované počítačem je:**

- snížení nároků materiální ztráty,
- zvýšení produktivity práce,
- snížení skladových zásob,
- zrychlení interní logistiky,
- zkrácení doby potřebné na čekání na materiál,

- zkrácení doby vývoje a výroby produktu,
- zkrácení času na obrobení materiálu,
- zlepšení bezpečnosti práce,
- zvýšení kvality výrobků [2].



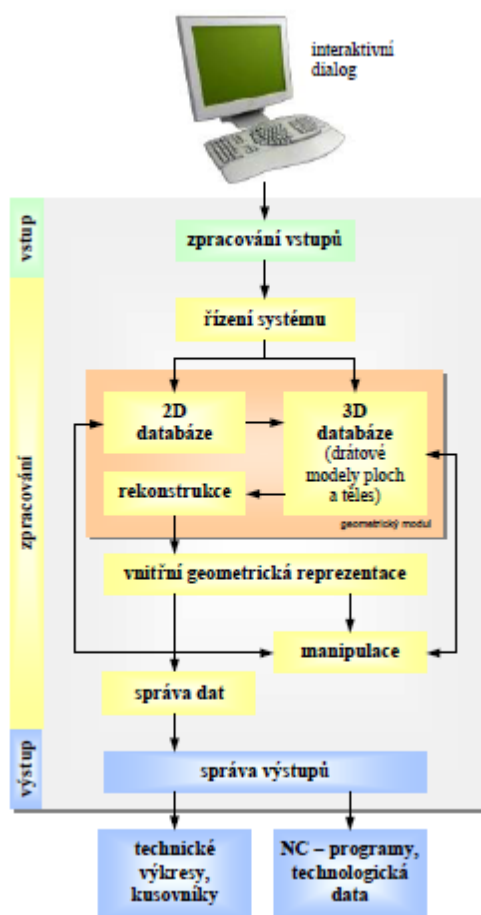
Obr. 3.2 – CIM v praxi [13]

### CAD (Computer Aided Design)

Tento systém je konstrukční podpora pro návrh součástí. Celá součást a její geometrie je modelována do určitého tvaru interaktivním způsobem v uživatelsky přehledném a přívětivém prostředí a pomocí zobrazení na obrazovce presentována ve virtuální formě. Pomáhá rozvíjet tvůrčí činnost konstruktéra tím, že mu rozvazuje ruky, neboť ho zbavuje rutinní práce. Tyto systémy jsou souhrnem prostředků potřebných k vytvoření geometrických modelů, které se označují zkratkou CAD. Informace, které reprezentují geometrický model součásti jsou souhrnně uloženy v databázi vytvořené danou aplikací [2] [12].

Pomocí programového modulu pro zpracování vstupů je zajištěna komunikace uživatele s aplikací CAD a proto je struktura programového vybavení pokaždé stejná, ať už se využívá v jakémkoliv oboru (viz obr. 3.3). Příkazy, které jsou zadávané, jsou hned zpracovány a interpretovány, v aplikaci a tím i současně zobrazeny na monitoru [2] [12].

Geometrické modelování může být realizováno v prostředí CAD buď 2D modelováním, jehož hlavním rysem je uzavřená lomená čára, která tvoří profil modelu. Další možnost je vytvoření nebo modelování v 3D prostoru, ve kterém výsledný model je velice identický se skutečným produktem. Model je dále možné použít na různé modifikace, jejichž výstupem pro další zpracování může být kompletní technická dokumentace, výkresy jednotlivých dílů sestav, kusovníky ale také podpora pro vytváření NC programů [2] [12].



Obr 3.3 Struktura systému CAD [12]



## **CAM (*Computer Aided Manufacturing*).**

Tento systém je schopen pomoci při přípravě dat a programů pro CNC stroje a pro automatizovanou výrobu součástí a to vše pomocí tvorby detailních pokynů (G-kód). CAM systémy generují programy pro CNC stroje pro výrobu složitějších dílů, které by nebylo možné tradičním ručně psaným programem vytvořit. Tento systém využívá 2D dokumentace a 3D modely, které jsou vytvořeny již ve fázi návrhu konstrukce výrobku v systému CAD. Jedná se o podporu výroby, proto se uplatňuje zejména při automatizovaném operativním řízení výroby, tak i na dílenské úrovni. Zahrnuje také automatickou kolekci dat o stavu procesů ve výrobě, správu numericky řízených strojů (CNC) a kontrolu nad automatickými dopravníky nebo automatickými sklady. Tyto systémy umožňují nasimulovat sled jednotlivých operací ve výrobě. Nespornou výhodou z hlediska finančních úspor je dohled nad veškerým materiálem. Technolog má přehled o zbytkovém materiálu, ale i o stavu polotovarů. Tyto systémy jsou schopné provést kompletní kontrolu všech kolizí a kontrolu technických možností pro následnou realizaci předepsaných operací s ohledem na možnost použití příslušného stroje a nástroje. Po této kontrole a prověření bezpečného chodu je systémem vygenerován NC program pro CNC stroj [2] [5].

Dodavatelé a vývojáři CAM software mají snahu CAM systémy co nejvíce zjednodušit a tím i ulehčit práci technologům, kteří vytvářejí programy pro CNC stroje. Software se snaží co nejvíce zjednodušit a vytvořit ho co nejvíce uživatelsky přívětivý.

### **Výhody CAM systémů**

- maximalizování a využití veškerého potenciálu výrobního zařízení,
- pomoc při vytvoření, kontrole a optimalizaci NC programů,
- vytváření dílenské dokumentace,
- přesný výrobní plán pro výrobu,
- optimalizace obrábění součástí,
- intuitivní a snadné používání,
- krátká doba zaučení používání CAM systému,
- přizpůsobení pro každý typ řídicího systému CNC stroje,
- výpočty drah nástroje s vysokou přesností,
- krátká návratnost investic [2] [5].

Souhrnně k nejdůležitějším aspektům systému CAM patří, že lze zasahovat do organizace výroby (změna termínů zakázek, kapacitní plánování, stav a plnění termínů), získávat data o stavu výroby a jejím průběhu, kontrolu nad systémy pro řízení strojů, robotů, skladů a interní logistiky. Je třeba zabezpečit kvalitní výměnu dat mezi plánováním a řízením výroby. Systém CAM je třeba si představit jako nástroj pro zastřešení všech operací, které se týkají výroby.

Ve většině případů se snaží výrobci CAM aplikace co nejvíce tuto aplikaci obohatit i o CAD nástavbu. Proto většina dodavatelů a vývojářů CAM systémů se snaží pokrýt celý proces od návrhu obrobku přes jeho zkonstruování až po samotnou tvorbu NC programu. Obecně platí pro všechny CAD/CAM systémy, že mají společné tyto znaky:

- počítačovou grafiku,
- společnou databázi nebo uložště,
- grafickou vizualizaci [2].

Opravdu velmi zajímavá situace vznikla v ceně, kdy CAx software v minulosti (80. letech minulého století) bylo možno získat jako součást grafické počítačové stanice. Dnes se situace značně otočila a cena hardware již k poměru výkonu počítače značně klesla. Takže dnes je možno koupit si CAx aplikaci a k tomu dostat výkonný PC [7].

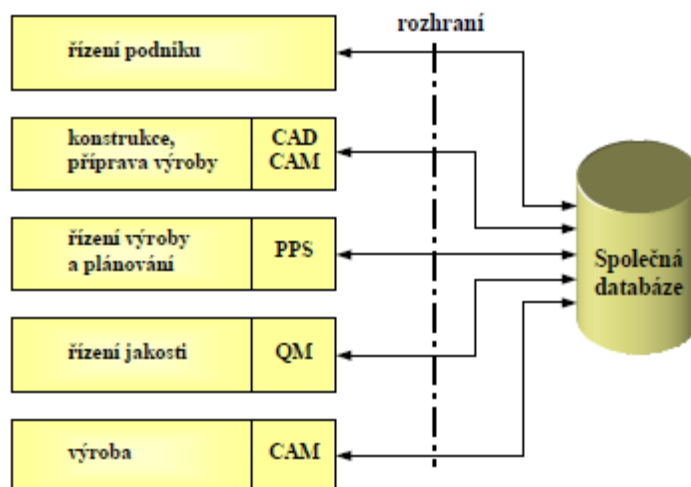
### **3.1.2. CAD/CAM systémy**

Pokud je jasně zavedený CAD software pro tvorbu výkresové dokumentace, je vhodné k němu přidat CAM software pro podporu řízení výroby. Vznikne nám kompaktní systém pro podporu konstrukce a výroby součástí. To znamená, že konstrukce na základě požadavků vytvoří výkresy, které jsou podkladem k vytvoření pracovních postupů. Tyto informace umožní správnou a včasnou volbu nářadí, nástrojů, NC strojů atd. Dnes je pojem CAD/CAM systém ve velké míře užíván pouze pro tvorbu NC programů.

Pokud systémy běží na společném jádru je spojením CAD a CAM systémů umožněn přístup ke společné databázi a to je principem modulárnosti CAD/CAM systémů (viz obr. 3.4). Každý modul tohoto systému CAD/CAM využívá tuto databázi a mohou sdílet výsledky svých geometrických modelů výrobků právě přes tuto databázi. Součástí systémů CAD/CAM je automatické předávání a využívání všech potřebných dat pro tvorbu NC programů. Množství využívaných modulů je závislý na rozsahu výroby a strojového parku. Dodavatelé CAD/CAM software dodávají základní moduly, které jsou funkční



minimum a k těmto základním modulům je možné připojovat další moduly pro různé druhy složitosti obrábění. [2]. [10] [12].



Obr. 3.4 – Struktura dat v podniku [12]

CAD/CAM systémy zabezpečují přímé napojení na CNC stroje a tím zkracují předvýrobní etapy z důvodu souběžného vývoje. Dále jsou schopny zabezpečit rychlou změnu výroby v závislosti na zakázkách.

CAD/CAM systém jako pojem lze pochopit v těchto rovinách:

- CAD/CAM systém jako aplikace v rámci podnikového CIM,

Takto chápaný CAD/CAM systém je aplikace zařazená do CIM a to znamená, že CAD/CAM systém zahrnuje všechny funkce a procesy, které CAD a CAM systémy splňují samostatně. Navíc v CIM funguje CAD/CAM systém s přímým propojením na ostatní CAx systémy [2].

- CAD/CAM systém jako technologie,

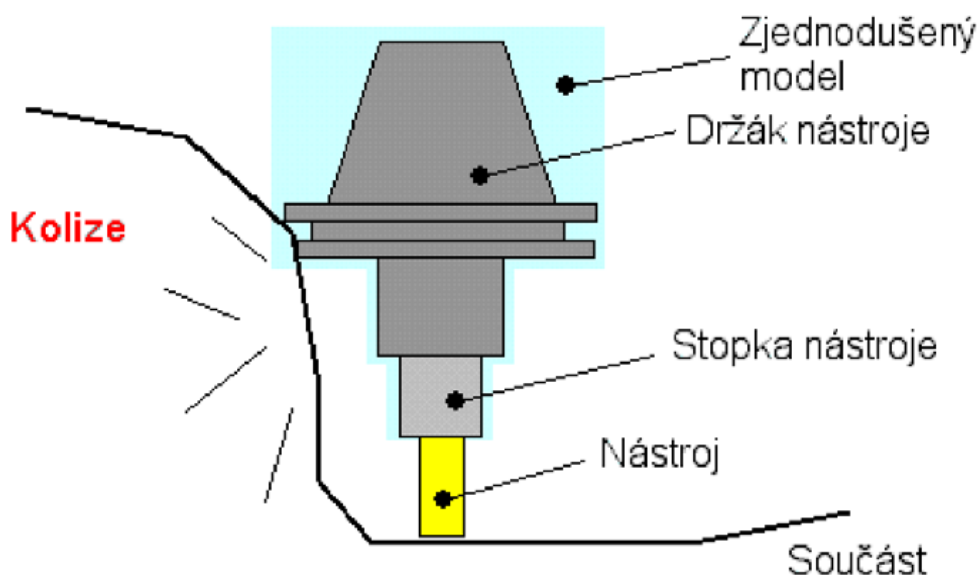
CAD/CAM systém chápaný jako technologie lze považovat za technologii, která využívá číslicové počítače při řízení a vykonávání daných funkcí v etapách předvýrobních, ale i ve výrobě samotné [2].

- CAD/CAM systém jako software

Tyto softwary obsahují velmi méně funkcí a činnosti s porovnáním s CAD/CAM systémem jako součástí CIM [2].

Velmi důležitým aspektem spojení CAD a CAM systémů je velmi dobrá a kvalitní 3D vizualizace a to také umožňuje komplexní přístup při vývoji výrobku. Tento proces zahrnuje konstruování, testování, korekce chyb a další modifikování výroby.

Vizualizace a verifikace vytvořeného NC programu jsou standardně implementovány do většiny CAM systémů. Za pomoci této zpětné kontroly – verifikace, je možné zkontrolovat, zda obrobek nebo jeho upnutí není v kolizi s nástrojem (viz obr. 3.5). Pokud je CAD/CAM systém hodně kvalitní lze nasimulovat a verifikovat kolize na kompletním obráběcím stroji a pomocí speciálních modulů nadefinovat fyzické rozměry a kinematiku stroje. Vymodelovaný obráběcí stroj v CAD/CAM systému se chová stejně při simulaci stroje a stejně tak se chová i reálný stroj v dílně. Pomocí verifikace je technolog schopen analyzovat zbytkový materiál, nebo podřezání. Jednotlivé nástroje, držáky atd. jsou uloženy ve společném uložišti. [2].



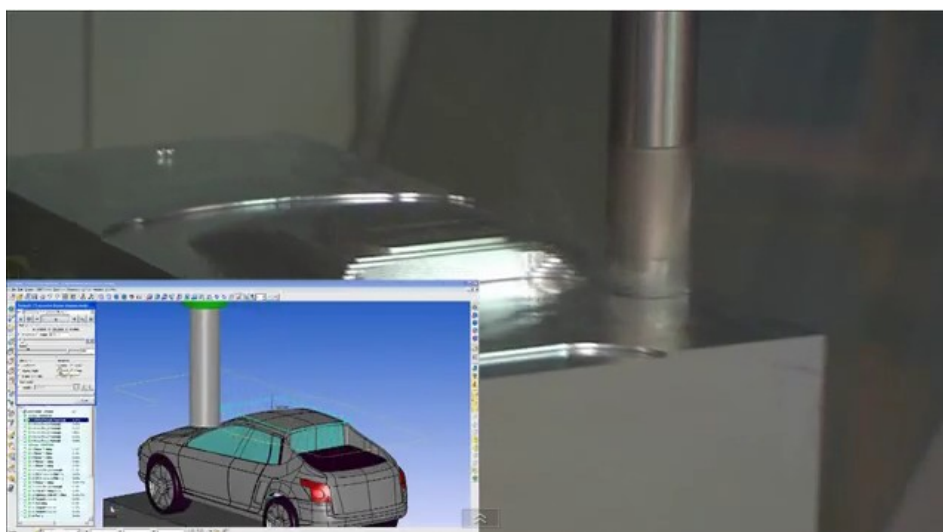
Obr. 3.5 Kolize držáku nástroje [18]

#### Požadavky na CAD / CAM systémy

- jednoduché a intuitivní ovládání,
- eliminování chybovosti,
- načítání externích CAD formátů,
- generování drah z 3D modelu,
- absence generování 2D výkresů,

- optimalizace drah u posuvu a rychloposuvu,
- obrábění ploch bez zbytečných přejezdů
- editace stávajících programů a operací
- žádné zbytečné přejezdy [10].

Na následujícím videu [19] je možné vidět, co dokáže pokročilý CAD/CAM systém v 5-ti osém obrábění (viz obr. 3.6 a 3.7). Stěží by bylo možné si představit výrobu takového modelu bez CAD/CAM systému.



Obr. 3.6 5-ti osé obrábění [19]



Obr. 3.7 5-ti osé obrábění [19]

### 3.1.3. Dělení CAD/CAM systémů

CAM systémy můžeme dělit podle mnoha kritérií. Hlavní pohledy na dělení mohou být jiná v závislosti na ceně softwaru, dle způsobu použití, v závislosti na prostředí, zda je uživatelsky přívětivé nebo dle podpory pro software ze strany dodavatele systému. Hlavním kritériem pro rozdělení CAM systémů je velikost systému. To jak je CAD/CAM systém veliký na konkrétním využití daného systému tj. množství doplňků a nadstaveb, možností a způsoby obrábění atd. [2].

Podle toho jak je CAM systém začleněn do skupiny dalších počítačem podporovaných systémů popřípadě CIM nebo PLM procesu, lze CAM systémy dělit na:

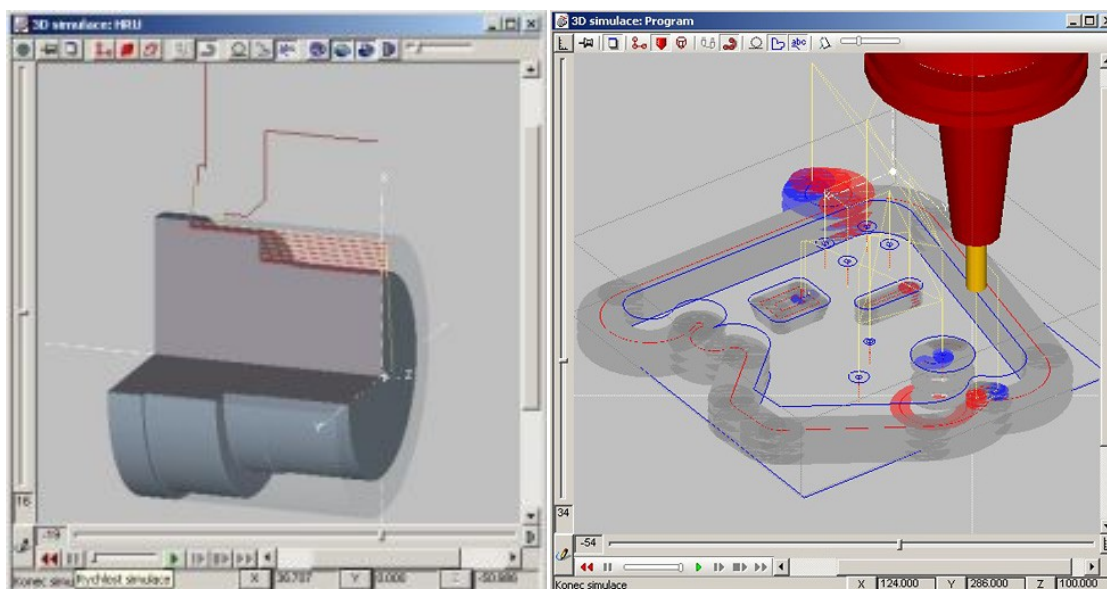
- CAM systémy, které jsou součástí komplexnějších CAD/CAM/CAE systémů,
- samostatné CAM systémy nebo CAD/CAM systémy

Určující dělení je podle velikosti CAM systémů a podle ceny CAM systému. Potom rozdělení je:

- malé CAM systémy,
- střední CAM systémy,
- velké CAM systémy [2].

#### Malé CAM systémy

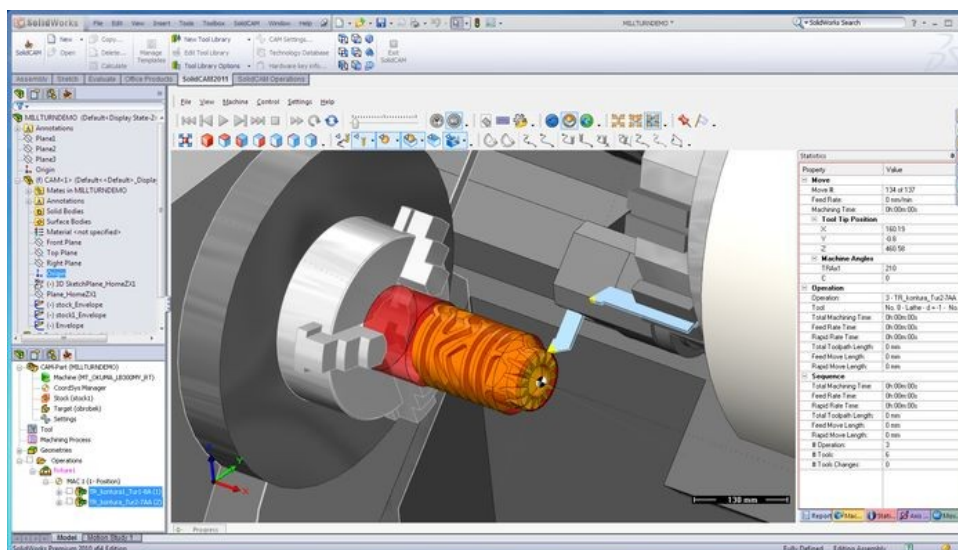
V této skupině je možno najít systémy s velmi malou počítačovou podporou pro konstruování. Většinou nepřesahuje hranici 2D zobrazování a ve své podstatě představují elektronické rýsovací desky. Nejsou vyžadovány velké požadavky na počítačové vybavení a ovládání je na základní úrovni a jednoduché. Programování se provádí ve 2D a 2.5D, stejně jako u ručního a to pomocí kontur na základě geometrických entit (bod, přímka, kruh, čtverec). Tvary jednotlivých obrobků lze načítat pomocí přenosového výkresového formátu DXF a programem vygenerovaný NC program není jen pro jeden řídicí systém. Ke kontrole celého procesu obrábění se používá jednoduchá simulace. Na základě volby příslušného postprocesoru může být importován do jakéhokoliv stroje. Jedním z představitelů malého CAM systému je v ČR např. systém Kovoprogram (viz obr. 3.8 a 3.9) [2].



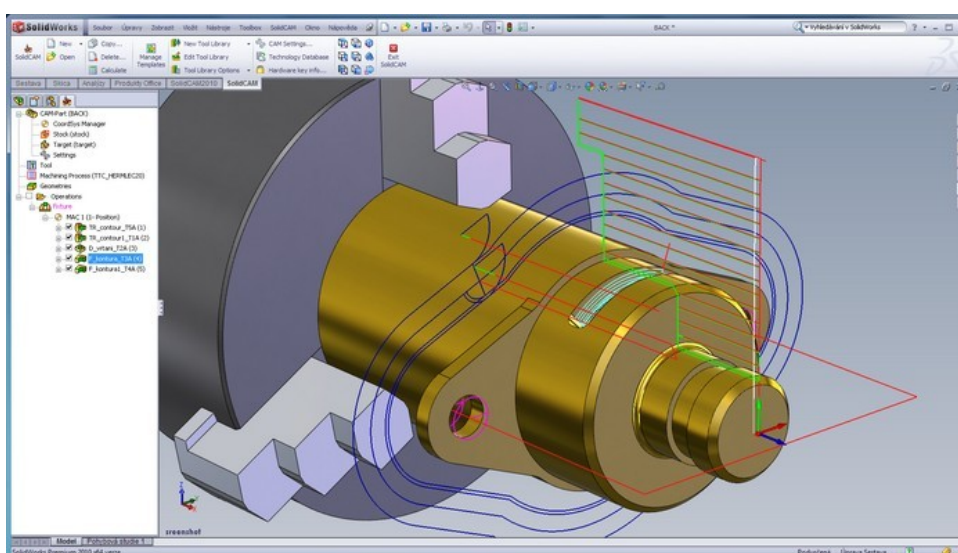
Obr. 3.8 a 3.9 Ukázka modelování v programu Kovoprog [14] [15].

### **Střední CAM systémy**

Tyto systémy jsou převážně zaměřeny jen na oblast CAM programování, a CAD část pro konstruování je okrajová. Kontury a jednotlivé plochy jsou předem nadefinované a dráhy nástroje se pohybují po nich. Programování je možné provádět ve 2D, 2.5D, 3D ale i ve více osách. Modely pro vytváření NC programů lze importovat z jiných kompatibilních CAD systémů a takto importovaný model je možné dále editovat pomocí jednoduchých CAD funkcí. Systémy jsou schopny vygenerovat NC program ve formě ISO kódu a následně dle zvoleného postprocesoru, který slouží jako pracovní postup pro CNC stroj, aplikovat na požadovaný CNC stroj. Je možné také provádět simulace a kontrolu procesu pro obrábění. Hlavními představiteli středního CAM systému jsou MasterCAM, AlphaCAM, SurfCAM, DeltaCAM, NX CAM Express, Esprit, GibbsCAM, EdgeCAM, VISI, SolidCAM, WorkNC atd (viz obr. 3.10 a 3.11) [2].



Obr. 3.10 Ukázka modelování v programu SolidCam [16].



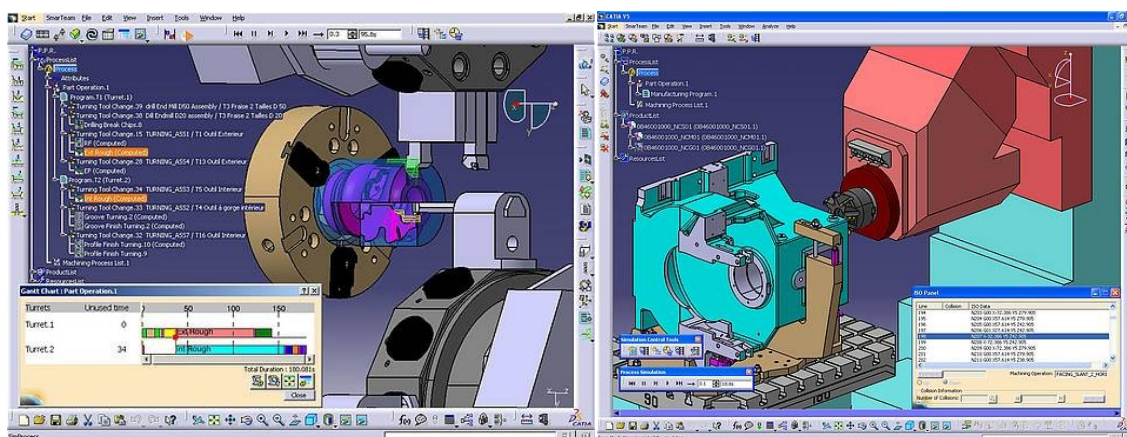
Obr. 3.11 Ukázka modelování v programu SolidCam [16].

## Velké CAM systémy

Do skupiny velkých CAM systémů spadají systémy, které jsou obsaženy jako součást systémů CAD/CAM/CAE. Jsou zaměřeny na větší oblast v kompletních CAD/CAM systémech. Značnou výhodou je konektivita jednotlivých modulů. Nenastávají problémy s přenosy dat, neboť všechny systémy pracují na jedné platformě. V tomto balíčku jsou moduly pro vytváření modelů a jejich konstrukci a pro přípravu NC programů. Při konstruování lze zpracovávat složitější plochy na rozdíl od středních CAM systémů. CAM systémy zpracovávají NC programy i pro víceosé obrábění. Pomocí simulace a kontroly lze obrobek jasně definovat. Značná nevýhoda je vysoká pořizovací cena a s tím spojené další náklady. Tyto systémy jsou hojně používány v oblasti automobilového,



leteckého průmyslu Představiteli jsou např. NX CAM, Pro/Engineer, Catia, aj (viz obr. 3.12 a 3.13) [2].



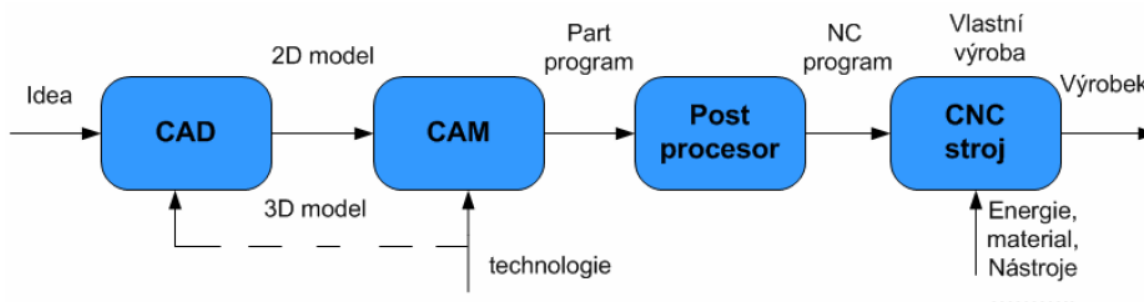
Obr. 3.12 a 3.13 Ukázka modelování v programu CatiaCam [17].

### 3.1.4. Postup návrhu a výroby součásti v CAD/CAM systémech

Pokud je nějaká představa (idea) o budoucí vyráběné součásti, lze provést návrh v CAD systému a vytvořit tak 2D výkres nebo 3D model. Technolog může vytvořit svůj 3D model na základě 2D výkresu v CAD/CAM systému nebo již vytvořený 3D model v plnohodnotném CAD systému od konstruktéra importovat.

V CAM programu jsou vytvořeny jednotlivé dráhy nástrojů pro dané geometrie součásti a výstupem CAM programu je partprogram, který je tvořen sledem příslušných adres. Tyto adresy obsahující zakódovaný předpis geometrie a technologie součásti, který popisuje obráběcí postup a ten je dále zpracován postprocesorem pro konkrétní obráběcí stroj [2].

Postup výroby součástí v CAD/CAM systémech, je možné chápat jako sled činností, které probíhají v jednotlivých rozhraních provázejících zhotovení výrobku (viz obr 3.14) [2].



Obr. 3.14 Struktura výroby součásti v CAD/CAM systémech [2].

Pokud má být vytvořen kvalitní partprogram, je potřeba pamatovat, že je třeba vycházet z těchto údajů:

- geometrie stroje (orientace os, nulové body a souřadný systém),
- geometrie polotovarů (lokalizace obrobku v souřadné soustavě obráběcího stroje, možnost kolize),
- geometrie nástrojů (tvar obrobku, tvar, rozměry a korekce dráhy nástroje),
- geometrie finálního obrobku (daná 2D výkresem nebo 3Dmodelem součásti),
- technologické a řezné podmínky (posuv, řezná rychlost, hloubka řezu apod.),
- ostatní podmínky, které jsou důležité pro další činnost obráběcího stroje (velikost posuvů a otáček, použití procesní kapaliny, pozice nástrojů a korekcí atd.) [2]

### 3.1.5. Postprocessor

Postprocessor je velmi důležitou součástí CAM programů, protože je to nástroj, který převádí program vytvořený pomocí geometrického a technologického procesoru do řeči srozumitelné řídicímu systému CNC stroje.

CAM program vygeneruje pomocí generátoru NC kódu program pro řízení ideálního NC stroje (partprogram), avšak tento program je nepoužitelný pro jakýkoliv řídicí systém CNC stroje. Proto musí být naprogramován postprocessor, který tento univerzální program převede do srozumitelné řeči daného řídicího systému CNC stroje. Každý CNC stroj může mít rozdílný řídicí systém a proto jsou implementovány i rozdílné postprocesory. Vzhledem k možnostem a různým mutacím každého CNC stroje je důležitá možnost postprocesory uživatelsky upravovat a konfigurovat ke skutečnému stavu stroje, jako např. rozmístění zásobníku a revolverových hlav.

V praxi to znamená pokud je potřeba vyrobit jednu stejnou součást na dvou obráběcích strojích, které mají rozdílný řídicí systém, musí mít CAM software naprogramované dva postprocesory. Součást bude namodelována a bude vytvořen strom s příkazy pro dráhy nástrojů a následně se vygeneruje NC kód pro daný typ řídicího systému.

Na obrobně hřídelí jsou soustruhy se dvěma řídicími systémy a to Sinumerik 810 a Sinumeric 840, bude potřeba pořídit dva postprocesory pro tvorbu NC programů. Potom stačí, pokud je třeba vyrobit stejnou hřídel, kliknout na požadovaný postprocessor a vygenerovat program pro příslušný řídicí systém.



CAM program nabízí jen předvolené aktuální instrukce, většinou všeobecné různé strojní funkce. Některé CAM systémy nabízí možnost zvolit postprocesor předem a potom je výběr těchto instrukcí závislý na zvoleném postprocesoru. Avšak některé CAM systémy umožňují vybírat postprocesor až těsně před generováním NC kódu. U takovýchto programů jsou dostupné všechny instrukce, a to bez ohledu, jestli je dokáže daný řídicí systém zpracovat.[2]

### **3.1.6. Kvalifikace a zaškolení, optimalizace**

Velmi důležitá je kvalifikovaná a znalá obsluha stroje a osoba technologa programátora, která je schopna připravit kvalitní programy. Rychlost a kvalita zaškolení zmiňovaných pracovníků závisí také na zvoleném CAD/CAM systému. Ten by měl být uživatelsky nenáročný, přehledný, snadno ovladatelný a intuitivní.

Budoucnost je taková, že výrobci CAD software budou vytvářet aplikace natolik intuitivní a přehledné, že nebude potřeba žádné školení. Konstruktor nebo technolog se bude moci naplno věnovat práci, tedy tvorbě dokumentace nebo programů a ne zbytečnému hledání příkazů a ikon a zjišťování co která znamená.

V současné době, je třeba absolvovat prvotní obecné zaškolení pro seznámení se softwarem a následná hloubková produktová školení zaměřená na detaily. Pro využití všech vlastností zvoleného CAD/CAM softwaru, je potřeba mít dobře proškoleného pracovníka.

V CAD/CAM systémech je velká knihovna nástrojů a držáků nástrojů, jež je možné využít pro programování drah nástrojů. Ze začátku trvá velmi dlouho, než si každý podnik optimalizuje tyto knihovny anebo si popřípadě vytvoří vlastní databázi. Nástroje z originálních knihoven jsou velmi kvalitní, protože velmi často výrobci nástrojů spolupracují s programátory CAM softwarů.

CAD/CAM systém dokáže optimalizovat řezné podmínky buď v samotném CAD/CAM systému nebo v rámci postprocesingu. Důležitým prvkem dobré optimalizace řezných podmínek je ve zkušenostech uživatele systému. CAD/CAM systémy obsahují simulační moduly, které umožňují kontrolu NC programu, na virtuálním stroji nadefinovaného přesně podle potřeb uživatele [2].

Optimalizace obrábění v CAM systémech zlepšuje:

- zkrácení času obrábění,
- zvýšení životnosti nástroje,
- zlepšení drsnosti povrchu,
- zvýšení přesnosti obrábění,
- zlepšení funkčních vlastností na obrobeném povrchu [2].

### 3.1.7. Příklady CAM software

Při rozhodování jaký software si zvolit neexistuje jednoznačná odpověď nebo rada. Každý software je jedinečný a hlavně neexistuje na trhu univerzální CAD, CAM a ani CAD/CAM systém, který by dokázal splnit všechny požadavky zákazníků.

Nejdůležitější je, aby prostředí programu bylo uživatelsky přívětivé a mělo české prostředí. Další důležitá věc je kvalita postprocesorů. V nabídce dodavatele CAM systému musí být postprocesor a jeho implementace na každém jednotlivém stroji u zákazníka významnou a neoddělitelnou položkou. Další rozhodující věc je možnost kreslení a modelování při tvorbě NC programu. Pokud nemá CAM software integrovaný vlastní CAD část, je to ve skutečnosti poloviční řešení. Je výhodné, aby měl technolog možnost udělat další možné úpravy a zásahy do geometrie součásti přímo v CAM systému [7].

Dále jsou uvedeny příklady některých CAM softwarů.

#### **Master CAM**

Jedná se o střední CAD/CAM systém. Mastercam je nejrozšířenějším softwarem v počítačem podporované konstrukci a výrobě CAD/CAM. Mastercam X6 přináší jednoduché nástroje pro CAD modelování s NC programováním. CAD aplikace jsou v nabídce samostatně a umožňují zaměřit se na konstrukci součásti bez nutnosti vázat ji na konkrétní programátorské stanoviště. [30].

Postprocesory jsou dodávány a následně testovány ke každému stroji a určitému požadavku zákazníka s možností uživatelského doladování.

Master cam obsahuje mnoho modulů a některé z nich uvedu:

- Frézování – programování pro 2,5D- 5osé stroje,
- Soustružení – základní 2osé, soustružení s poháněnými nástroji, soustružení pro více hlav a více vřeten,
- drátové řezání – 2osé a 4osé,
- ART - umělecký design,
- konstrukce – samostatný CAD modul,
- robotmaster – pro programování robotů [30].

### **Solid works**

SolidCAM je plně integrovaný CAM systém do prostředí CAD systému SolidWorks. Úprava součástí je v grafickém prostředí SolidWorks. Veškeré funkce jsou stejné, a proto jsou řešeny stejnými nástroji pro ovládáním 3D modelu dílu nebo sestavy. Tyto nástroje umožňují modelování geometrií a generování výkresů [29].

SolidCAM funguje jako zásuvný modul, který poskytuje funkce jak pro zavádění obráběcích operací, tak pro simulaci a kontrolu obrábění a dále pro generování NC programu. SolidCAM je především určen pro CNC stroje zaměřené na třískové obrábění, ale obrábí všechny druhy materiálů [29].

Obsahuje několik řešení pro různé typy výroby:

- frézování - 2,5D frézování, 3D frézování, 4osé a 5osé frézování - indexované a souvislé,
- soustružení - v základní definici 2osé,
- soustružení s poháněnými nástroji,
- drátořez DCAMCUT - DCAMCUT zcela integrován do prostředí SolidWorks,
- CNC editor - programy CIMCO - komplexní a výkonné řešení pro práci (editaci, řízení, distribuce, ukládání) s hotovými NC programy [29].

## Edge CAM

Edgecam je kompletní softwarové CAM řešení, které lze využít pro obrábění na CNC strojích. Rozsahem integrace pro 2 až 5-osé frézování a s podporou pro soustružení a pro využití na soustružnicko/frézovacích centrech. Obsahuje CAD/CAM moduly, které dovedou importovat data ze všech předních CAD systémů [28].

Edgecam obsahuje několik balíčků a zde budou uvedeny jen některé pro příklad:

- Edgecam frézování – velké spektrum flexibilních frézovacích cyklů. Edgecam 4 a 5-osé obráběcí operace,
- Edgecam soustružení - soustružení pro podporu obráběcích strojů, od 2-osých soustruhů, přes stroje s více hlavami, dále přes stroje s protivřetenem a až po obráběcí centra,
- Edgecam sondování – slouží pro automatické programování měřících sond, které jsou řízené pomocí vlastní geometrie v Edgecam [28].

## CATIA

Catia je kompletní řešení pro všechny oblasti v CAD/CAM/CAE technologiích. Tento systém obsahuje široké spektrum integrovaných řešení do jednoho, vhodné od nejmenších podniků až po velké koncerny.

Uplatnění má i v oblasti CAM aplikací, a to v NC obrábění a simulaci jak pro frézování, tak i soustružení od 2 až po 5-ti osé obrábění. Slouží pro obrábění součástí z různých materiálů a různých tvarů. CAM aplikace CATIA poskytují import geometrie a její analýzu, úpravu geometrie (tedy CAD aplikaci), tvorbu a vygenerování NC programů, vizualizaci drah nástroje, simulaci drah, tvorba dílenské dokumentace, postprocessing [24].

Catia nabízí několik balíčků:

- DELMIA Prismatic Machining - programování za pomoci pokročilého 2,5 osého obrábění a axiálních operací. Poskytuje základní rozhraní pro všechny obráběcí řešení (balíčky),

- DELMIA Milling Machining - programování pro 3-osé obrábění, včetně možnosti překlápění do 5-osých pohybů,
- DELMIA Extended Milling Machining - rozšíření k DELMIA Milling Machining, které umožňuje víceosé obrábění k výrobě tvarově složitých dílů,
- DELMIA Turning Machining - programování NC soustruhů,
- DELMIA NC Machine Simulation - virtuální kontrola NC programu,
- DELMIA NC Machine Builder – tvorba virtuálních CNC strojů a jejich příslušenství pro optimalizaci a kontrolu virtuálního NC prostředí [25].

## NX

NX je komplexní CAD/CAM/CAE systém, který zahrnuje podporu ve velkém spektru činností v konstrukci a výrobě. Přes výpočty, simulace, analýzy, modelování až po tvorbu výkresové dokumentace, programování NC strojů.

NX je modulární systém s plnou asociativitou všech spolupracujících modulů, postavený nad jednotnou grafickou objektově orientovanou databází [26]

Aplikace NX CAM umožňuje ověření obráběcích drah přímo ve virtuálním stroji, a to včetně řídicího systému Sinumerik. Kroky programu jsou prováděny přímo v prostředí řídicího systému Sinumerik. Funguje to i obráceně, tak že hotový NC program, který je vytvořen nebo modifikován přímo na stroji lze zkontrolovat ve virtuálním stroji NX CAMu. Tímto lze snížit časy na seřizování a zvýšit vytiženost strojů, jedná se o velmi dobrý způsob optimalizace NC kódu [26].

Siemens PLM software nabízí několik softwarových modulů, které obsahují různé balíčky řešení NX CAM. Pro příklad uvedu jen několik NX CAM řešení:

- 2,5osé frézování – jednoduché frézování a vrtání,
- 3osé frézování – hrubování, zbytkové frézování, dokončování kontur. Určeno také pro vysokorychlostní obrábění,
- 5osé frézování – flexibilní 5osé programování,
- obrábění lopatkových kol – určeno pro výrobu turbín a kompresorových kol s využitím 5osého způsobu řízení,
- soustružení – pro 2osé soustružení,

- drátové řezání EDM – programování ve 2osém a 4osém režimu,
- simulace NC stroje – simulace řízení G-kódem, využívá generovaný výstup z postprocesoru a tím simuluje chování reálného stroje,
- pokročilý CAD systém pro NC programování [27].

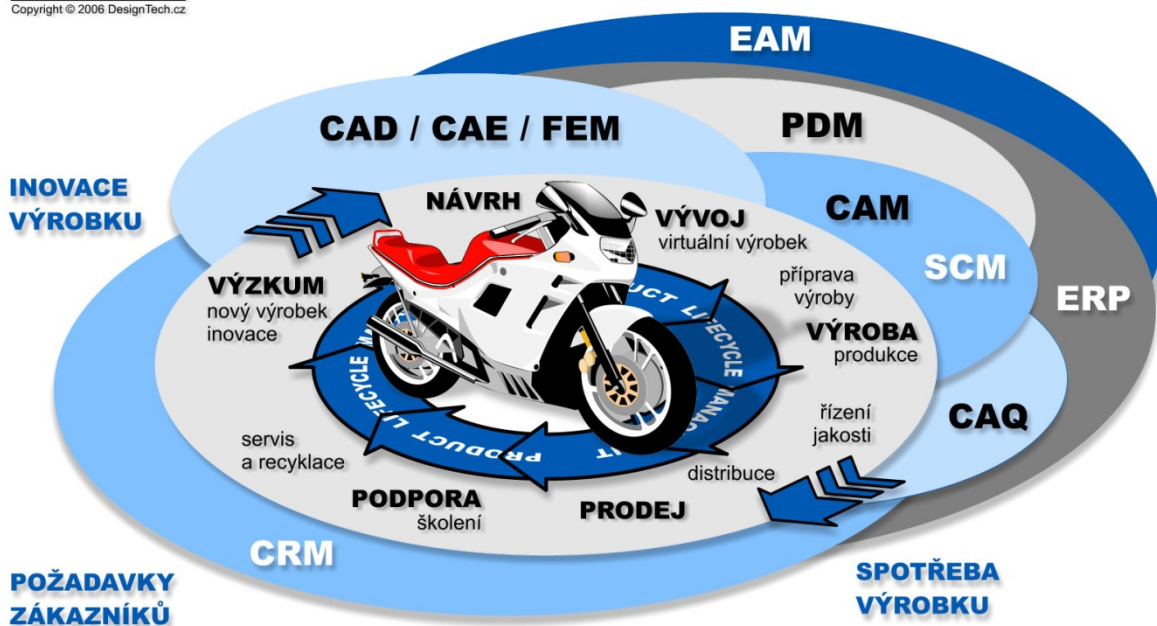
### 3.2. Zavedení PLM procesu

**PLM (Product Lifecycle Management)** je popis správy životního cyklu výrobku. Znamená to tedy, jestli chceme velmi efektivně sledovat produkt v produkčním toku od vstupních materiálů až po finální výrobek. PLM je strategický podnikatelský proces výroby pomocí počítačového software.

Obecně se jedná o rozšíření předchozího řešení počítačem podporované výroby **CIM**. Hlavní rozšíření a přínos je o nové oblasti, vycházející ze zlepšené orientace potřeb zákazníka a reakce na flexibilitu těchto potřeb. Výrobní systém jako celek musí být pružný a právě PLM řešení zahrnuje v sobě systémy, postupy a nástroje k řešení této problematiky. PLM proces je řešení, které zahrnuje jednotlivé a konkrétní produkty CAD, CAE, CAM, PDM atd. (viz obr. 3.15) [3].

Proces PLM je jedinečný vzhledem ke srovnání s jinými softwarovými řešeními pro výrobní podniky, protože je převážně zaměřen na růst zisku z procesů, které se opakují [3].

[www.DesignTech.cz](http://www.DesignTech.cz)  
Copyright © 2006 DesignTech.cz



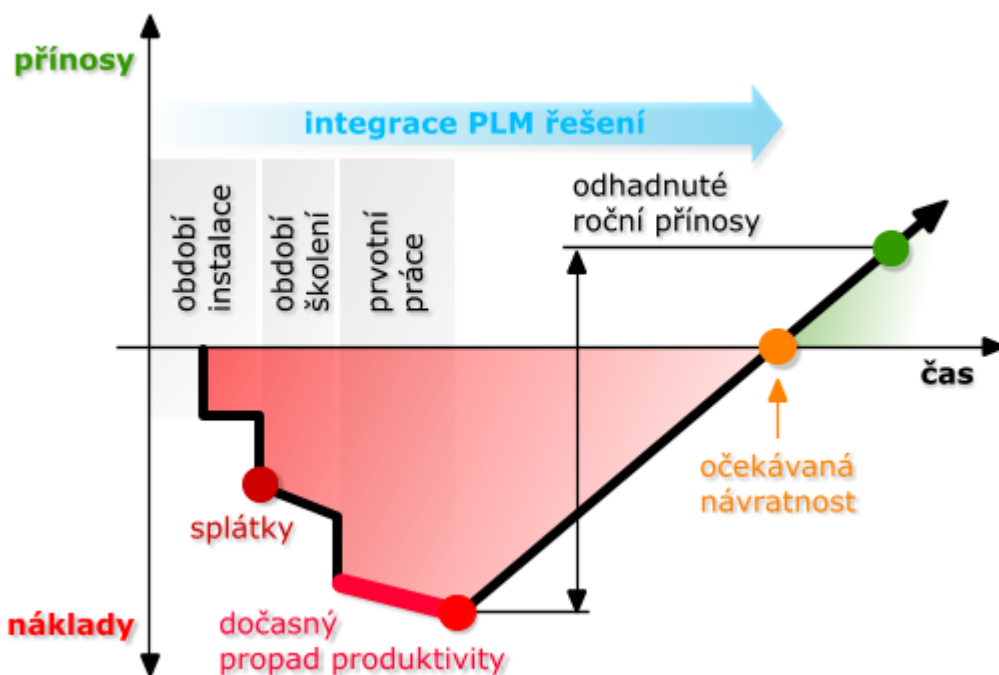
Obr.3.15 Vizualizace pojmů[3].

V praxi je kladen důraz na okamžité on-line propojení jednotlivých procesů mezi pobočkami firmy, komunikaci se zákazníky, dodavateli a obchodními partnery.

Implementace PLM řešení, které musí být zavedeno na všech úrovních podniku je velmi náročné. Většinou se jedná o zdoluhavý proces, který vyžaduje změny v organizaci, nastavení nové metodiky pro zpracování informací a komunikace v podniku, postup při řešení problémů. To vše má jen jeden cíl a to zvýšení efektivity.

Další časté dotazy bývají ohledně nákladů na zavedení PLM řešení. Zavedení s sebou nese zvýšené náklady, jako náklady na instalaci a start systému, náklady na zaškolení pracovníků a náklady na rozjezd práce a zvykání si na nový systém. Přínosy a náklady jsou orientačně vidět na obrázku 3.16.

V poslední řadě je třeba připomenout, že každý systém a i PLM systém není dokonalý a vždy závisí na člověku, který tento systém obsluhuje. Vždy to hlavní a důležité bude v hlavách konstruktérů, technologů, plánovačů atd.



Obr. 3.16 Návratnost PLM [23].

#### 4. Technicko-ekonomické zhodnocení

Vzhledem k obrovskému spektru a škále poskytovatelů CAD/CAM systému je těžké určit jednoho poskytovatele CAD/CAM systému, popřípadě PLM procesu. Volba CAD/CAM systému závisí na strojním vybavení výroby, na stávajícím softwarovém a hardwarovém vybavení podniku. Systém musí být uživatelský přívětivý a měl by co nejlépe odpovídat danému profilu výroby a produktovému portfoliu.

Měl jsem možnost vidět a vyzkoušet tři CAD/CAM programy pro konstrukční modelování součástí. A to Mastercam, Edgecam a NX cam. Ve své podstatě jsou programy funkčně podobné a vždy záleží na každém uživateli, který program je mu bližší.

Důležité je také vhodné zvolení tzv. balíčků, které poskytují dodavatelé CAM software, které obsahují různé moduly. Pokud tato práce řeší návrh systému pro obrobnu rotorů soustružením, doporučil bych například balíček softwaru NX CAM a to „CAD/CAM Turning Foudation“. Avšak vzhledem k využití CAM softwaru pro jiné technologie v jiných částech výroby v celém podniku je rozumné zvolit odpovídající balíček pro komplexnější a plnohodnotné využití CAM software.

S ohledem na požadavek celého koncernu Siemens zavést PLM systém ve všech svých podnicích doporučuji zvážit zavedení PLM systému „Siemens PLM Software“, jehož součástí je CAM software NX CAM. Pokud bude politika Siemens požadovat zavedení PLM softwaru je zvolení a zavedení NX CAM software vhodným krokem k dalšímu rozvoji produktivního CNC programování.

Další výhodou NX programu je dobrá komunikace s řídicími systémy Sinumerik a jejich zpětná validace ve virtuálním stroji.

NX CAM je svým rozsahem možností jedním z velkých CAD/CAM systémů, proto i grafické zpracování je na velmi vysoké úrovni. I z tohoto důvodu je výhodné zvážit zavedení NX CAM.

Oslovení poskytovatelé CAD/CAM systémů neposkytnula konkrétní cenovou nabídku, s odkazem na to, že cenová nabídka je tvořena na konkrétní typ výroby dané produktové řady. Existuje mnoho různých softwarových balíčků jednotlivých CAD/CAM systémů, které jsou různě oceněny.

Poptání CAM softwaru vždy závisí na technických, ekonomických a personálních možnostech podniku a na jeho strategickém plánování do budoucna.



## 5. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo představení a dělení CAD/CAM systému a jeho zařazení v organizační struktuře v podniku.

Byl popsán současný stav programování NC programů, to znamená jejich tvorbu a odladění. Současný stav je zdoluhavý a neefektivní, protože se jedná o ruční programování. Toto programování spočívá v ručně psaném programu, vycházející z 2D výkresu. První kusy se museli odladit na dílně přímo u stroje a navíc ještě vznikali dodatečné náklady na zmetkování prvních kusů a prodloužení doby najetí výroby.

V další části se práce zabývá návrhem zavedení CAD/CAM systému pro efektivnější přípravu programů. V bakalářské práci je popsán proces CIM, ve kterém jsou aplikace CAD a CAM systémy implementovány. Proces CIM v sobě zahrnuje komplexní podporu výroby produktu pomocí počítače. Dále je popsáno seznámení s pojmem CAD/CAM systémy, jejich dělení a možností využití ve výrobním procesu. Velkou výhodou je vizualizace obrobku na 3D modelech a možnost vykreslení geometrie přímo v CAD/CAM systému a následném naprogramování drah nástrojů a v poslední řadě vygenerování NC kódu na určený CNC stroj pomocí vybraného postprocesoru. Vizualizace 3D modelu je velmi důležitá ke kontrole simulace drah nástroje a jeho případné kolize s obrobkem.

## Použitá literatura

- [1] Siemens, s.r.o.: odštěpný závod Elektromotory Mohelnice. [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: [https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/industry/OZ\\_Mohelnice/Pages/Elektromotory\\_Mohelnice.aspx](https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/industry/OZ_Mohelnice/Pages/Elektromotory_Mohelnice.aspx)
- [2] SADÍLEK, M. CAM systémy v obrábění I. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-0980-9.
- [3] FOŘT, Petr, Tomáš MIKŠÍK a Pavel NOVÁK. Když se řekne PLM [online]. 2006 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <http://www.designtech.cz/c/plm/kdyz-se-rekne-plm.htm>
- [4] Product Lifecycle Management. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Product\\_Lifecycle\\_Management](http://cs.wikipedia.org/wiki/Product_Lifecycle_Management)
- [5] *Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.* [online]. 2012 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: [http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/plm/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/plm/index.shtml)
- [6] ČAPEK, Jaroslav. *Plně integrovaný CAD/CAM systém* [online]. 2009 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/plne-integrovaný-cad-cam-system.html>
- [7] STANĚK, Vlastimil. *CAD/CAM ve výrobě (I)* [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <http://www.techtydenik.cz/cadcam.php?part=1>
- [8] CADAZZ [online]. 2004 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm>
- [9] KUBÍN, Josef. *Stručná historie CAD/CAM až po současnost* [online]. 2002 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: [http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2\\_CAD-CAM.htm](http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm)
- [10] KELLER, Petr. *PROGRAMOVÁNÍ A ŘÍZENÍ CNC STROJU: PREZENTACE PREDNÁŠEK – 2. ČÁST* [online]. 2005 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/getFile/case:get/id:14229>
- [11] CIM systémy ve slévárnách. [online]. 2002 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.digitovarna.cz/clanek-84/cim-systemy-ve-slevarnach.html>
- [12] KATEDRA ODĚVNICTVÍ - TECHNICKÁ UNEVERZITA V LIBERCI. *Úvod do CAD/CAM systémů* [online]. [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: [http://www.kod.tul.cz/ucebni\\_materialy/CAD/index.asp?file=uvod&c=0&t=p](http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/CAD/index.asp?file=uvod&c=0&t=p)

- [13] Computer-integrated manufacturing. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-integrated\\_manufacturing](http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-integrated_manufacturing)
- [14] *Kovoprog* [online]. 2003 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: [http://www.kovoprog.cz/index.php?=&src=news\\_detail&id\\_news=12&step=80](http://www.kovoprog.cz/index.php?=&src=news_detail&id_news=12&step=80)
- [15] VOLNÝ, Martin. *Původní český CAM systém Kovoprog* [online]. 2005 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://www.designtech.cz/c/cam/puvodni-cesky-cam-system-kovoprog.htm>
- [16] *Turning & Mill-turn* [online]. 2012 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://www.solidcam.com/cam-solutions/turning-mill-turn/features/>
- [18] SONETECH s.r.o. *Integrovaný programovací systém pro číslicově řízené stroje - EdgeCAM - Frézování – EdgeCAM intelligent manufacturing*. Uživatelská příručka, 80 stran, pdf dokument, 2005.
- [19] Concept car CAD/CAM- CNC 5 axis machining [online]. 2009 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=8I3diD1lpho&feature=related>
- [20] *Mastercam* [online]. 2012 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.mastercam.cz/>
- [21] *SolidCAM* [online]. 2012 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.solidcam.cz/cz/>
- [22] *EdgeCAM* [online]. 2012 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.edgecamcz.cz/>
- [23] *Návratnost investic do PLM* [online]. 2006 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.designtech.cz/c/plm/navratnost-investic-do-plm.htm>
- [24] *CATIA V5 – CAM, s kterým obrobíte i dřevo* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/1564-catia-v5-cam-s-kterym-obrobite-i-drevo.html>
- [25] *DELMIA V6 NC obrábění* [online]. 2012 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.catia.cz/DELMIA.8.0.html>
- [26] *NX mění svět inovací* [online]. 2012 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/nx/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/nx/index.shtml)
- [27] *Vysoce produktivní výroba součástí*. Praha, 2011.
- [28] *EdgeCam produkty* [online]. 2012 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.edgecamcz.cz/produkty-edgecam/edgecam-produkty/>
- [29] *SolidCAM - 3D CAM pro CNC obrábění* [online]. 2012 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.solidvision.cz/solidcam/>
- [30] *Mastercam* [online]. 2012 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.mastercam.cz/>